

532,303

10/532303

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
13 mai 2004 (13.05.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/040695 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01Q 5/00,
15/00, 19/17, 25/00

F-75016 Paris (FR). CENTRE NATIONAL D'ETUDES
SPATIALES [FR/FR]; 2, place Maurice Quentin, F-75001
Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/003146

(22) Date de dépôt international :
23 octobre 2003 (23.10.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/13326 24 octobre 2002 (24.10.2002) FR
03/09467 31 juillet 2003 (31.07.2003) FR

(72) Inventeurs; et

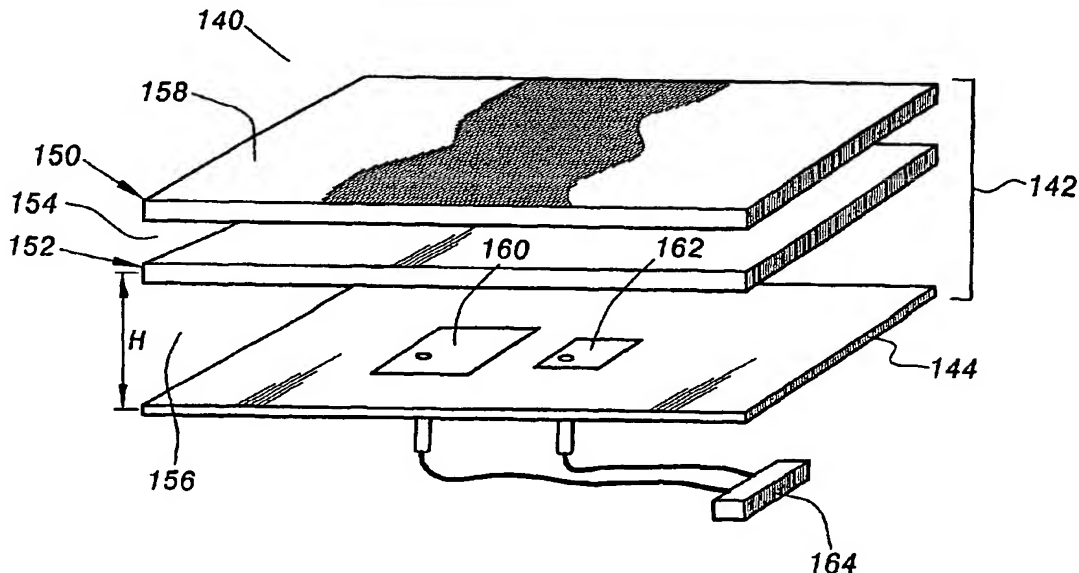
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
THEVENOT, Marc [FR/FR]; Place de la Mairie,
F-87510 Peyrilhac (FR). CHANTALAT, Régis [FR/FR];
10, rue Jean Pouyat, F-87000 Limoges (FR). JECKO,
Bernard [FR/FR]; 4, rue Jean Rostand, F-87570 Ril-
hac-Rancon (FR). LEGER, Ludovic [FR/FR]; 19, rue
du Clos Augier, F-87100 Limoges (FR). MONEDIERE,
Thierry [FR/FR]; 6, rue Emile de Girardin, F-87000
Limoges (FR). DUMON, Patrick [FR/FR]; 2, allée des
Bois, F-31320 Vigoulet-Auzil (FR).

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCI-
ENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FREQUENCY MULTIBAND ANTENNA WITH PHOTONIC BANDGAP MATERIAL

(54) Titre : ANTENNE A MATERIAU BIP MULTI-BANDES DE FREQUENCES



(57) Abstract: The invention concerns a frequency multiband antenna comprising: a photonic bandgap material (142) having at least one band gap, one single periodicity defect (156) of the bandgap material so as to produce several narrow bandwidths within said at least one band gap of said bandgap material, and an excitation device (160, 162) capable of transmitting and/or receiving electromagnetic waves within the narrow bandwidths.

(57) Abrégé : Cette antenne multi-bandes de fréquences comporte : un matériau BIP (142) (Bande d'Interdiction Photonique) présentant au moins une bande non passante, un seul défaut (156) de périodicité du matériau BIP de manière à créer plusieurs bandes passantes étroites au sein de ladite au moins une bande non passante de ce

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/040695 A1



(74) Mandataires : HABASQUE, Etienne etc.; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Antenne à matériau BIP multi-bandes de fréquences

L'invention concerne une antenne multi-bandes de fréquences comportant :

- un matériau BIP (Bande d'Interdiction Photonique) apte à filtrer spatialement et fréquentiellement des ondes électromagnétiques, ce matériau BIP présentant au moins une bande non passante et formant une surface extérieure rayonnante en émission et/ou en réception,
- au moins un défaut de périodicité du matériau BIP de manière à créer au moins une bande passante étroite au sein de ladite au moins une bande non passante de ce matériau BIP, et
- un dispositif d'excitation apte à émettre et/ou recevoir des ondes électromagnétiques à l'intérieur de ladite au moins une bande passante étroite créée par ledit au moins un défaut.

Les antennes à matériau BIP présentent l'avantage d'avoir un encombrement réduit par rapport à d'autres types d'antennes, telles que les antennes à réflecteur, à lentille ou à cornet.

De telles antennes à matériau BIP sont décrites en particulier dans la demande de brevet FR 99 14521, publiée sous le n° 2 801 428 au nom du C.N.R.S. (Centre National de la Recherche Scientifique). Ce brevet décrit précisément un mode de réalisation d'un matériau BIP présentant un seul défaut formant une cavité résonante à fuites. De plus, et bien qu'aucun mode de réalisation de cette variante ne soit décrit explicitement, ce brevet envisage également la possibilité de créer des antennes multi-bandes à partir de matériaux BIP. En effet, ce brevet enseigne qu'un défaut créé dans le matériau BIP permet d'engendrer une bande passante étroite au sein d'une bande non passante plus large de ce matériau BIP. Par conséquent, pour créer des antennes multi-bandes, plusieurs défauts doivent être créés dans le matériau BIP de manière à créer plusieurs bandes passantes étroites au sein de la même bande non passante du matériau BIP. C'est ce qui est indiqué à la page 10, lignes 23 à 25 de cette demande de brevet FR 99 14521.

Il est rappelé ici qu'une antenne multi-bandes désigne une antenne apte à travailler à plusieurs fréquences de travail différentes et distinctes les unes des autres. De plus, l'antenne multi-bandes présente, pour chacune des

fréquences de travail, un même diagramme de rayonnement et la même polarisation de rayonnement.

La construction d'antennes multi-bandes selon l'enseignement de la demande de brevet FR 99 14521 s'est avérée compliquée, notamment à cause
5 des difficultés de conception d'un matériau BIP multi-défauts.

L'invention vise à remédier à cet inconvénient en proposant une antenne multi-bandes de fréquences à matériau BIP plus simple à construire.

L'invention a donc également pour objet une antenne multi-bandes de fréquences telle que décrite ci-dessus, caractérisée en ce que :

- 10 - le dispositif d'excitation est apte à travailler simultanément au moins autour d'une première et d'une seconde fréquences de travail distinctes,
- la première et la seconde fréquences de travail sont situées à l'intérieur respectivement d'une première et d'une seconde bandes passantes étroites, distinctes l'une de l'autre, et la première et la seconde bandes
15 passantes étroites sont créées par le même défaut de périodicité du matériau BIP.

En effet, il a été découvert qu'un même et unique défaut du matériau BIP crée plusieurs bandes passantes étroites centrées respectivement autour de plusieurs fréquences différentes les unes des autres. Ainsi, pour construire
20 une antenne multi-bandes de fréquences, il n'est pas nécessaire de construire une antenne à matériau BIP multi-défauts, ce qui simplifie la construction de telles antennes.

Suivant d'autres caractéristiques d'une antenne multi-bandes de fréquences conforme à l'invention :

- 25 - le défaut de périodicité du matériau BIP créant la première et la seconde bandes passantes étroites forme une cavité résonante à fuites présentant une hauteur constante dans une direction orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante, et cette hauteur est adaptée pour placer la première et de la seconde bandes passantes étroites au sein de ladite au moins
30 une bande non passante du matériau BIP,
- la hauteur de la cavité est adaptée pour placer la première et la seconde bandes passantes étroites au sein d'une même bande non passante du matériau BIP,

- le matériau BIP présente une première et une seconde bandes non passantes disjointes et espacées l'une de l'autre, et la hauteur de la cavité est adaptée pour placer la première et la seconde bandes passantes étroites au sein respectivement de la première et de la seconde bandes non passantes du
5 matériau BIP,

- ladite première bande passante étroite est sensiblement centrée sur une fréquence fondamentale, tandis que ladite seconde bande passante étroite est sensiblement centrée sur un multiple entier de cette fréquence fondamentale,

10 - la cavité présente une famille de fréquences de résonance formée par une fréquence fondamentale et ses harmoniques, le mode de résonance de la cavité et le diagramme de rayonnement de l'antenne étant les mêmes pour chaque fréquence de résonance de la famille, et la première et la seconde fréquences de travail correspondent chacune, dans leur bande passante étroite
15 respective, à une fréquence de la même famille,

- la cavité présente au moins deux familles de fréquences de résonance formées chacune par une fréquence fondamentale et ses harmoniques, le mode de résonance et le diagramme de rayonnement de l'antenne étant les mêmes pour chaque fréquence de résonance d'une même
20 famille et différents de ceux des autres familles de fréquences de résonance, et la première et la seconde fréquences de travail correspondent chacune, dans leur bande passante étroite respective, à des fréquences appartenant à des familles différentes,

- le dispositif d'excitation est propre à émettre des ondes
25 électromagnétiques à la première fréquence de travail ayant une polarisation différente des ondes électromagnétiques émises à la seconde fréquence de travail.

- le dispositif d'excitation comporte au moins un même élément d'excitation apte à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques
30 simultanément à la première et à la seconde fréquences de travail,

- le dispositif d'excitation comporte un premier et un second éléments d'excitation aptes chacun à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques, et en ce que le premier élément d'excitation est apte à

travailler à la première fréquence de travail, tandis que le second élément d'excitation est apte à travailler à la seconde fréquence de travail,

- chacun des éléments d'excitation est propre à générer, sur ladite surface extérieure, respectivement une première et une seconde taches rayonnantes disjointes l'une de l'autre, chacune de ces taches rayonnantes représentant l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques rayonné en émission et/ou en réception par l'antenne,

- la cavité résonante à fuites est de forme parallélépipédique.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration d'une antenne multi-bandes de fréquences conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un graphique représentant le coefficient de transmission de l'antenne de la figure 1 ;
- les figures 3A et 3B sont des illustrations des diagrammes de rayonnement de l'antenne de la figure 1 ;
- la figure 4 est une illustration d'un second mode de réalisation d'une antenne multi-bandes de fréquences conforme à l'invention ; et
- la figure 5 est un graphique représentant le coefficient de transmission de l'antenne de la figure 4.

La figure 1 représente une antenne multi-bandes de fréquences 140 comportant un matériau 142 à bande d'interdiction photonique ou matériau BIP et un plan métallique 144 réflecteur d'ondes électromagnétiques.

Il est rappelé qu'un matériau BIP est un matériau qui possède la propriété d'absorber certaines gammes de fréquences, de sorte qu'il présente une ou plusieurs bandes non passantes, dans lesquelles toute transmission d'ondes électromagnétiques est interdite.

Le matériau BIP est généralement constitué d'un arrangement périodique de diélectrique de permittivité et/ou de perméabilité variable.

L'introduction d'une rupture dans cette périodicité géométrique et/ou radioélectrique, rupture encore appelée défaut, permet d'engendrer un défaut d'absorption et donc de créer une bande passante étroite au sein d'une bande

non passante du matériau BIP. Le matériau BIP est, dans ces conditions, désigné par matériau BIP à défaut.

Pour une description détaillée d'une telle antenne présentant un seul défaut, le lecteur pourra utilement se reporter à la demande de brevet français
5 FR 99 14521 (2 801 428), et plus particulièrement au mode de réalisation décrit en regard de la figure 6.

L'agencement général de l'antenne 140 étant déjà décrit en détail dans la demande de brevet référencée ci-dessus, seules les caractéristiques spécifiques à cette antenne 140 seront décrites ici en détail.

10 Le matériau BIP 142 est ici choisi pour présenter une bande non passante B la plus large possible. Cette bande non passante B est illustrée sur le graphique de la figure 2 représentant l'évolution du coefficient de transmission en décibels du matériau BIP à défaut 142 en fonction de la fréquence des ondes électromagnétiques. Ce coefficient de transmission
15 représente le rapport entre la quantité d'énergie électromagnétique émise sur la quantité d'énergie électromagnétique reçue. La bande non passante B du matériau BIP s'étend ici de 5 GHz à 17 GHz.

Le matériau BIP 142 comporte un empilement de lames plates diélectriques, le long d'une direction perpendiculaire au plan réflecteur 144. Cet
20 empilement se compose ici, par exemple, de deux lames 150, 152 réalisées dans un premier matériau diélectrique tel que, par exemple, de l'alumine, et de deux lames 154 et 156 réalisées dans un matériau diélectrique différent tel que, par exemple, de l'air. La lame 154 est interposée entre les lames 150 et 152, tandis que la lame 156 est interposée entre la lame 152 et le plan
25 réflecteur 144. La lame 150 est placée à l'extrémité de l'empilement à l'opposé du plan réflecteur 144 et présente une surface intérieure en contact avec la lame 154 et une surface extérieure 158 à l'opposé de la surface intérieure. La surface extérieure 158 forme une surface rayonnante de l'antenne en émission et/ou en réception.

30 Les lames 150 à 156 sont parallèles au plan réflecteur 144.

La hauteur de la lame 156 est supérieure à la hauteur de la lame 154 et forme donc une unique rupture de la périodicité géométrique de l'empilement de matériaux diélectriques du matériau BIP. Le matériau BIP 142 présente

donc, dans cet exemple de réalisation, un seul et unique défaut. La lame 156 forme ici une cavité résonante parallélépipédique à fuites de hauteur constante H dans une direction perpendiculaire au plan réflecteur 144.

La cavité 156 crée une bande passante étroite BP_1 (figure 2) centrée
5 autour d'une fréquence fondamentale f_0 . La hauteur H détermine la fréquence f_0 et donc la position de la bande passante étroite BP_1 au sein de la bande non passante B . Ici, f_0 est sensiblement égal à 7 GHz.

Il a été constaté que ce même défaut ou cavité 156 génère également d'autres bandes passantes étroites sensiblement centrées sur des
10 multiples entiers de la fréquence f_0 . Jusqu'à présent, ces autres bandes passantes étroites n'avaient pas été observées, car elles se situaient en dehors de la bande non passante B . En effet, dans les antennes de ce type connues, la bande non passante n'est pas suffisamment large et la fréquence f_0 est placée sensiblement au milieu de la bande non passante.

15 Dans ce mode de réalisation, la hauteur H est donc choisie pour que la bande passante BP_1 soit suffisamment excentrée de manière à ce qu'une bande passante BP_2 (figure 2), centrée sur une fréquence f_1 sensiblement égale à deux fois f_0 , soit également placée à l'intérieur de la même bande non passante B . Ici, f_1 est sensiblement égal à 14 GHz.

20 De façon connue, une telle cavité résonante parallélépipédique présente plusieurs familles de fréquences de résonance. Chaque famille de fréquences de résonance est formée par une fréquence fondamentale et ses harmoniques ou multiples entiers de la fréquence fondamentale. Chaque fréquence de résonance d'une même famille excite le même mode de
25 résonance de la cavité. Ces modes de résonance sont connus sous les termes de modes TM_0 , TM_1 , ..., TM_i . Ces modes de résonance sont décrits plus en détail dans le document de F. Cardiol, "Electromagnétisme, traité d'Electricité, d'Electronique et d'Electrotechnique", Ed. Dunod, 1987. Chaque mode de résonance TM_i est susceptible d'être excité ou activé par une onde
30 électromagnétique voisine d'une fréquence fondamentale f_{mi} . Ces fréquences f_{mi} ou leurs harmoniques sont présents dans chacune des bandes passantes étroites BP_1 et BP_2 .

Chaque mode de résonance correspond à un diagramme rayonnant ou forme de rayonnement de l'antenne 140 particulier.

A titre d'exemple, les figures 3A et 3B représentent chacune un diagramme de rayonnement ou forme de rayonnement correspondant
5 respectivement aux modes de résonance TM_0 et TM_1 .

Ici, les caractéristiques des lames dans la direction perpendiculaire au plan réflecteur, c'est-à-dire, notamment, leur hauteur ou épaisseur respective, est déterminée conformément à l'enseignement de la demande de brevet FR 99 14521. Plus précisément, ces caractéristiques sont déterminées
10 pour que le mode de résonance TM_0 corresponde à un rayonnement directif selon une direction privilégiée d'émission et/ou de réception perpendiculaire à la surface extérieure 158. Ici, ce rayonnement directif est représenté dans la figure 3A par un lobe principal allongé le long de la direction perpendiculaire à la surface 158. Il a été constaté que la forme du rayonnement représenté à la
15 figure 3A ne dépend pas des dimensions latérales de la cavité 156, c'est-à-dire des dimensions de cette cavité dans un plan parallèle au plan réflecteur si ces dimensions latérales sont supérieures à ϕ , ϕ étant donné par la formule suivante :

$$G_{dB} \geq 20 \log \frac{\pi \Phi}{\lambda} - 2,5. \quad (1)$$

20 où :

- G_{dB} est le gain en décibels souhaité pour l'antenne,
- $\Phi = 2 R$,
- λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence médiane f_0

A titre d'exemple, pour un gain de 20 dB, le rayon R est
25 sensiblement égal à 2.15λ .

Par contre, la forme du rayonnement correspondant à des modes de résonance supérieurs au mode de résonance TM_0 varie en fonction des dimensions latérales de la cavité 156. Ici, ces dimensions latérales sont déterminées de manière à ce que le mode de résonance TM_1 corresponde à un
30 diagramme de rayonnement sensiblement omnidirectionnel dans un demi-espace à trois dimensions délimité par le plan passant par le plan réflecteur 144.

Les dimensions de l'antenne 140 permettant d'obtenir les formes de rayonnement voulues sont déterminées, par exemple, par expérimentation.

Avantageusement, ces expérimentations consistent, à l'aide d'un logiciel de simulation de l'antenne 140, à déterminer les formes de rayonnement correspondant à des dimensions données, puis à faire varier ces dimensions jusqu'à obtenir les diagrammes de rayonnement voulus.

Finalement, l'antenne 140 comporte, ici, deux éléments d'excitation 160 et 162 disposés l'un à côté de l'autre sur la surface du plan 144 à l'intérieur de la cavité 156. Ces éléments d'excitation 160 et 162 sont propres à émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique respectivement aux fréquences f_{T1} et f_{T2} . La fréquence f_{T1} est voisine de la fréquence f_{m0} ou de l'un de ses harmoniques. Elle est située à l'intérieur de la bande passante étroite BP_1 de manière à exciter le mode de résonance TM_0 de la cavité 156. La fréquence f_{T2} est voisine de la fréquence f_{m1} ou de l'un de ses harmoniques. Elle est placée à l'intérieur de la bande passante BP_2 de manière à exciter le mode de résonance TM_1 .

Ces éléments d'excitation sont connus en tant que tels. Ce sont, par exemple, des antennes plaques ou patch, des dipôles ou des antennes à fente propres à transformer des signaux électriques en des ondes électromagnétiques. A cet effet, les éléments d'excitation 160 et 162 sont raccordés à un générateur/récepteur 164 de signaux électriques conventionnels.

Le fonctionnement de l'antenne multi-bandes de fréquences décrit en regard de la figure 1 va maintenant être décrit.

En émission, le générateur/récepteur 164 transmet des signaux électriques à l'un ou simultanément aux deux éléments d'excitation 160 et 162. Ces signaux électriques sont convertis par l'élément 160 en une onde électromagnétique de fréquence f_{T1} et par l'élément 162 en une onde électromagnétique de fréquence f_{T2} . Ces ondes électromagnétiques aux fréquences f_{T1} et f_{T2} n'interfèrent pas l'une avec l'autre, puisque les fréquences f_{T1} et f_{T2} sont très différentes. En effet, ici, les fréquences f_{T1} et f_{T2} sont situées chacune dans une bande passante étroite, espacées l'une de l'autre par une gamme de fréquences absorbées de largeur de l'ordre de 7 GHz. De plus, ces

fréquences de travail f_{T1} et f_{T2} étant chacune située à l'intérieur d'une bande passante étroite à l'intérieur de la bande non passante B, elles ne sont pas absorbées par le matériau BIP 142.

L'onde électromagnétique de fréquence f_{T1} excite le mode de
5 résonance TM_0 de la cavité 156, ce qui se traduit par un rayonnement de l'antenne 140 directif pour cette fréquence et par l'apparition d'une tache rayonnante en émission et/ou en réception formée sur la surface 158. La tache rayonnante est ici la zone de la surface extérieure contenant l'ensemble des points où la puissance rayonnée en émission et/ou en réception est supérieure
10 ou égale à la moitié de la puissance maximale rayonnée à partir de cette surface extérieure par l'antenne 4. Chaque tache rayonnante admet un centre géométrique correspondant au point où la puissance rayonnée est sensiblement égale à la puissance rayonnée maximale.

Dans le cas du mode de résonance TM_0 , cette tache rayonnante
15 s'inscrit dans un cercle dont le diamètre ϕ est donné par la formule (1).

L'onde électromagnétique de fréquence f_{T2} excite, quant à elle, le mode de résonance TM_1 , ce qui se traduit par un rayonnement omnidirectionnel dans un demi-espace à cette fréquence f_{T2} et par l'apparition d'une seconde tache rayonnante en émission et/ou en réception formée sur la surface 158.

20 Chaque tache rayonnante correspond à l'embase ou section droite à l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques rayonné.

Pour une distance appropriée séparant les éléments 160, 162, les taches rayonnantes sont disjointes.

En réception seules les ondes électromagnétiques reçues par la
25 surface extérieure 158 et ayant une fréquence comprise soit dans la bande passante BP_1 , soit dans la bande passante BP_2 , se propagent jusqu'à la cavité 156.

Etant donné la directivité du diagramme de rayonnement de l'antenne 140 pour la fréquence f_{T1} , seules les ondes électromagnétiques à la
30 fréquence f_{T1} et sensiblement perpendiculaires à la surface extérieure 158, sont transmises jusqu'à l'élément d'excitation 160. Au contraire, étant donné que, pour la fréquence f_{T2} , l'antenne 140 est pratiquement omnidirectionnelle dans

un demi-espace, la direction de réception des ondes électromagnétiques à la fréquence f_{T2} sur la surface extérieure est pratiquement quelconque.

A l'intérieur de la cavité 156, l'élément d'excitation 160 transforme les ondes électromagnétiques à la fréquence f_{T1} en des signaux électriques
5 transmis au générateur/récepteur 164. L'élément d'excitation 162 agit de façon identique pour les ondes électromagnétiques à la fréquence f_{T2} .

Ainsi, l'antenne 140 présente les caractéristiques d'une antenne multifonctions, c'est-à-dire d'être apte à travailler à deux fréquences différentes et d'avoir, pour chaque fréquence de travail, un diagramme de rayonnement
10 particulier. Ici, l'antenne 140 est directive pour la fréquence de travail f_{T1} et omnidirectionnelle dans un demi-espace pour la fréquence f_{T2} .

La figure 4 représente un deuxième mode de réalisation d'une antenne multi-bandes de fréquences 170 comportant un matériau BIP 172 associé à un plan métallique 174 réflecteur d'ondes électromagnétiques.

15 Dans ce mode de réalisation, le matériau BIP est agencé de manière à présenter plusieurs bandes non passantes séparées les unes des autres par de larges bandes où les ondes électromagnétiques ne sont pas absorbées.

La figure 5 représente l'évolution du coefficient de transmission de cette antenne 140 et, en particulier, deux bandes non passantes B_1 et B_2 du
20 même matériau BIP 172. La bande non passante B_1 est centrée sur une fréquence f_0 et la bande non passante B_2 est centrée sur un multiple entier de f_0 , ici $2 f_0$.

Des matériaux BIP présentant plusieurs bandes non passantes sont connus et l'agencement de ce matériau 172 pour créer ces bandes non
25 passantes ne sera pas décrit ici.

Le matériau BIP 172 comporte, de façon similaire au matériau BIP 142, une rupture de périodicité de ses caractéristiques géométriques formant une cavité parallélépipédique résonante 180 ayant une hauteur constante G .

30 La hauteur G est ici déterminée de manière à créer une bande passante étroite E_1 sensiblement au milieu de la bande non passante B_1 et une bande passante E_2 sensiblement placée au milieu de la bande non passante B_2 . Ici, la bande passante E_1 est centrée sur la fréquence fondamentale f_0

sensiblement égale à 13 GHz. La bande passante étroite E_2 est centrée sur une fréquence f_1 égale à un multiple entier de la fréquence fondamentale f_0 . Cette fréquence f_1 est ici sensiblement égale à 26 GHz.

5 Finalement, par exemple, un seul élément d'excitation 190 est placé sur le plan réflecteur 174 à l'intérieur de la cavité 180. Cet élément d'excitation 190 est propre à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques à des fréquences de travail f_{T1} et f_{T2} . Ces fréquences f_{T1} et f_{T2} sont propres toutes les deux à exciter le même mode de résonance de la cavité 180, par exemple ici, le mode de résonance TM_0 , de manière à
10 présenter, pour chacune de ces fréquences, pratiquement le même diagramme de rayonnement. Toutefois, ces fréquences f_{T1} et f_{T2} sont comprises respectivement dans les bandes passantes E_1 et E_2 .

 Dans ce mode de réalisation, l'élément d'excitation 190 est une antenne plaque ou patch rectangulaire, équipée de deux accès 192, 194
15 raccordés à un générateur/récepteur 196 de signaux électriques. Les accès 192 et 194 sont propres à exciter deux polarisations, de préférence deux polarisations orthogonales entre elles, de l'élément d'excitation 190. Ici, les accès 192 et 194 sont destinés à recevoir et/ou émettre les signaux respectivement aux fréquences f_{T2} et f_{T1} .

20 Cette antenne 170, de façon similaire à l'antenne 140, exploite le fait qu'un même défaut crée plusieurs bandes passantes étroites centrées sur des fréquences multiples entiers d'une fréquence fondamentale. Toutefois, dans ce mode de réalisation, un seul élément d'excitation est utilisé pour travailler simultanément aux deux fréquences de travail f_{T1} et f_{T2} . De plus, dans ce mode
25 de réalisation, les ondes électromagnétiques émises aux fréquences f_{T1} et f_{T2} sont polarisées de façon orthogonale l'une par rapport à l'autre pour limiter les interférences entre ces deux fréquences de travail.

 Le fonctionnement de cette antenne 170 découle de celui décrit pour l'antenne 140.

30 L'antenne 170 décrite ici est une antenne multi-bandes, c'est-à-dire apte à travailler à plusieurs fréquences différentes, mais présentant, pour chaque fréquence de travail, le même diagramme de rayonnement.

En variante, les éléments d'excitation 160 et 162 de l'antenne 140 sont remplacés par un seul élément d'excitation apte à travailler simultanément aux fréquences f_{T1} et f_{T2} . Cet unique élément d'excitation est, par exemple, identique à l'élément d'excitation 190. Réciproquement, l'élément
5 d'excitation 190 de l'antenne 170 est remplacé, en variante, par deux éléments d'excitation distincts et indépendants l'un de l'autre aptes respectivement à travailler à la fréquence f_{T1} et f_{T2} . Ces deux éléments d'excitation sont, par exemple, identiques aux éléments d'excitation 160 et 162.

REVENDEICATIONS

1. Antenne multi-bandes de fréquences comportant :

5 - un matériau BIP (142 ; 172) (Bande d'Interdiction Photonique) apte à filtrer spatialement et fréquentiellement des ondes électromagnétiques, ce matériau BIP présentant au moins une bande non passante et formant une surface extérieure (38 ; 158) rayonnante en émission et/ou en réception,

- au moins un défaut (156 ; 180) de périodicité du matériau BIP de manière à créer au moins une bande passante étroite au sein de ladite au moins une bande non passante de ce matériau BIP, et

10 - un dispositif d'excitation (160, 162 ; 190) apte à émettre et/ou recevoir des ondes électromagnétiques à l'intérieur de ladite au moins une bande passante étroite créée par ledit au moins un défaut,

caractérisée

15 - en ce que le dispositif d'excitation est apte à travailler simultanément au moins autour d'une première et d'une seconde fréquences de travail distinctes,

- en ce que la première et la seconde fréquences de travail sont situées à l'intérieur respectivement d'une première et d'une seconde bandes passantes étroites, distinctes l'une de l'autre, et

20 - en ce que la première et la seconde bandes passantes étroites sont créées par le même défaut (156, 180) de périodicité du matériau BIP (142, 172).

25 2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le défaut de périodicité du matériau BIP (142, 172) créant la première et la seconde bandes passantes étroites forme une cavité résonante à fuites présentant une hauteur constante dans une direction orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante (158), et en ce que cette hauteur est adaptée pour placer la première et de la seconde bandes passantes étroites au sein de ladite au moins une bande non passante du matériau BIP.

30 3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que la hauteur de la cavité est adaptée pour placer la première et la seconde bandes passantes étroites au sein d'une même bande non passante du matériau BIP (156).

4. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que le matériau BIP (172) présente une première et une seconde bandes non passantes disjointes et espacées l'une de l'autre, et en ce que la hauteur de la cavité est adaptée pour placer la première et la seconde bandes passantes étroites au sein respectivement de la première et de la seconde bandes non passantes du matériau BIP (172).

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ladite première bande passante étroite est sensiblement centrée sur une fréquence fondamentale, tandis que ladite seconde bande passante étroite est sensiblement centrée sur un multiple entier de cette fréquence fondamentale.

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la cavité présente une famille de fréquences de résonance formée par une fréquence fondamentale et ses harmoniques, le mode de résonance de la cavité et le diagramme de rayonnement de l'antenne étant les mêmes pour chaque fréquence de résonance de la famille, et en ce que la première et la seconde fréquences de travail correspondent chacune, dans leur bande passante étroite respective, à une fréquence de la même famille.

7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la cavité présente au moins deux familles de fréquences de résonance formées chacune par une fréquence fondamentale et ses harmoniques, le mode de résonance et le diagramme de rayonnement de l'antenne étant les mêmes pour chaque fréquence de résonance d'une même famille et différents de ceux des autres familles de fréquences de résonance, et en ce que la première et la seconde fréquences de travail correspondent chacune, dans leur bande passante étroite respective, à des fréquences appartenant à des familles différentes.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le dispositif d'excitation (190) est propre à émettre des ondes électromagnétiques à la première fréquence de travail ayant une polarisation différente des ondes électromagnétiques émises à la seconde fréquence de travail.

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le dispositif d'excitation comporte au moins un même élément d'excitation (190) apte à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques simultanément à la première et à la seconde fréquences de travail.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le dispositif d'excitation comporte un premier et un second éléments d'excitation (160, 162) aptes chacun à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques, et en ce que le premier élément d'excitation (160) est apte à travailler à la première fréquence de travail, tandis que le second élément d'excitation (162) est apte à travailler à la seconde fréquence de travail.

11. Antenne selon la revendication 10, caractérisée en ce que chacun des éléments d'excitation est propre à générer, sur ladite surface extérieure, respectivement une première et une seconde taches rayonnantes disjointes l'une de l'autre, chacune de ces taches rayonnantes représentant l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques rayonné en émission et/ou en réception par l'antenne.

12. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que la cavité résonante à fuites est de forme parallélépipédique.

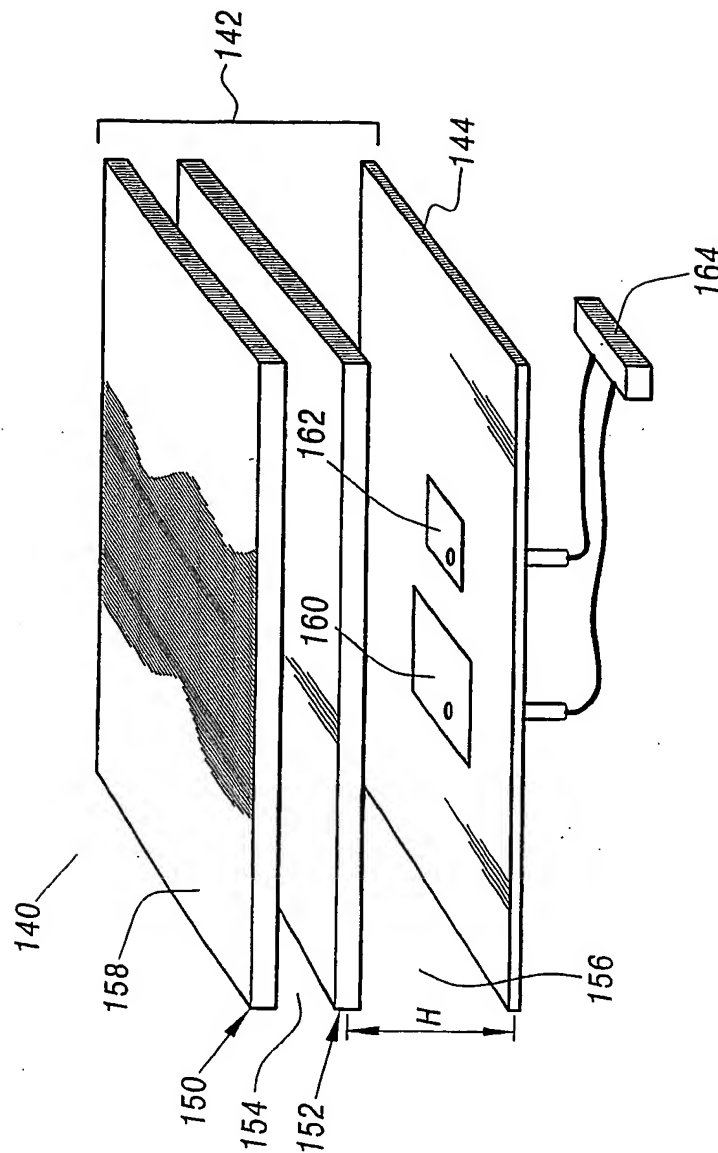
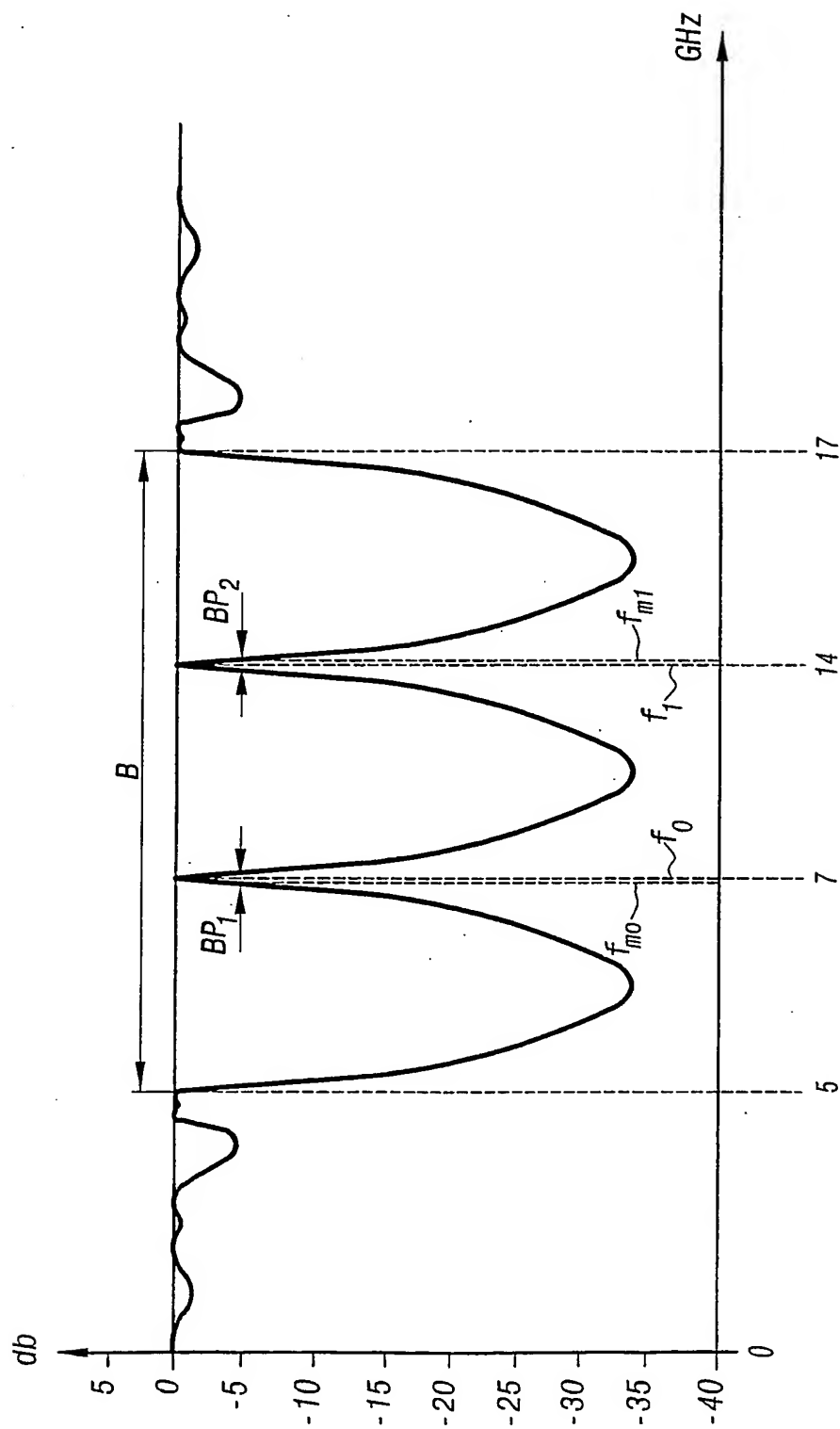
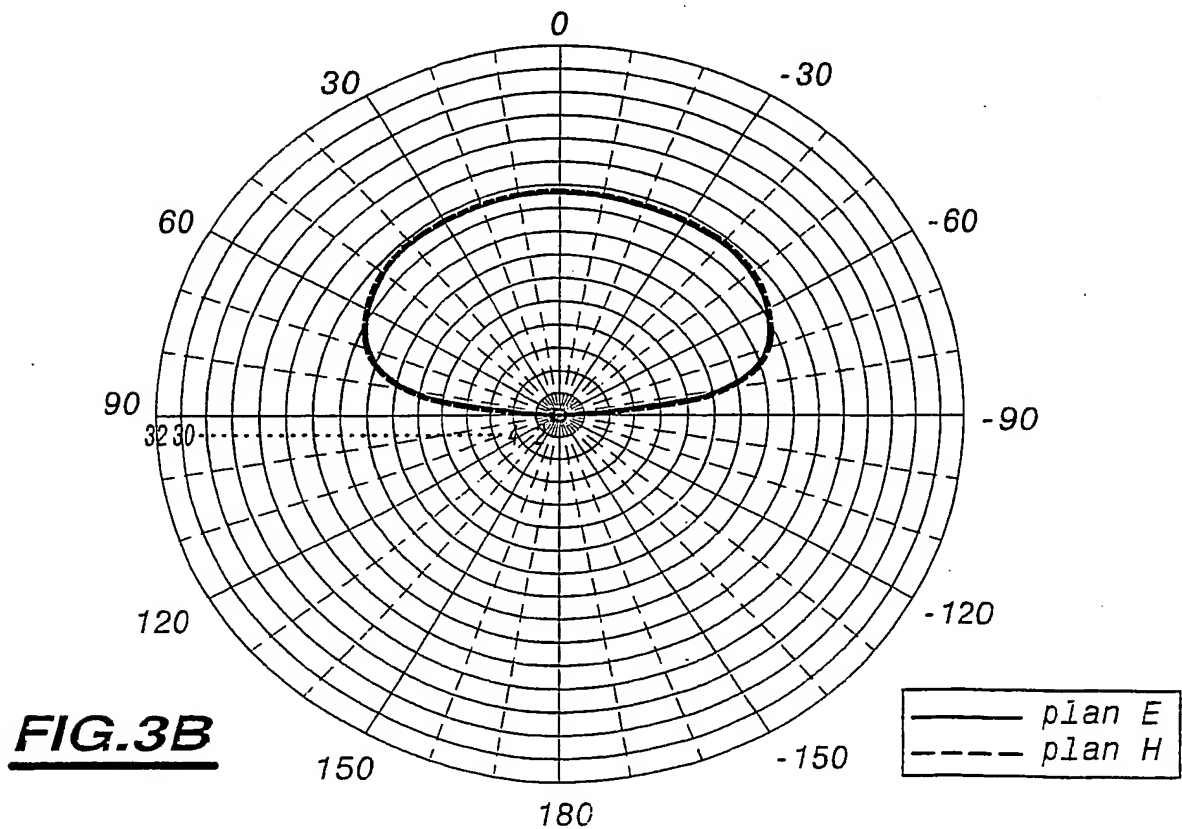
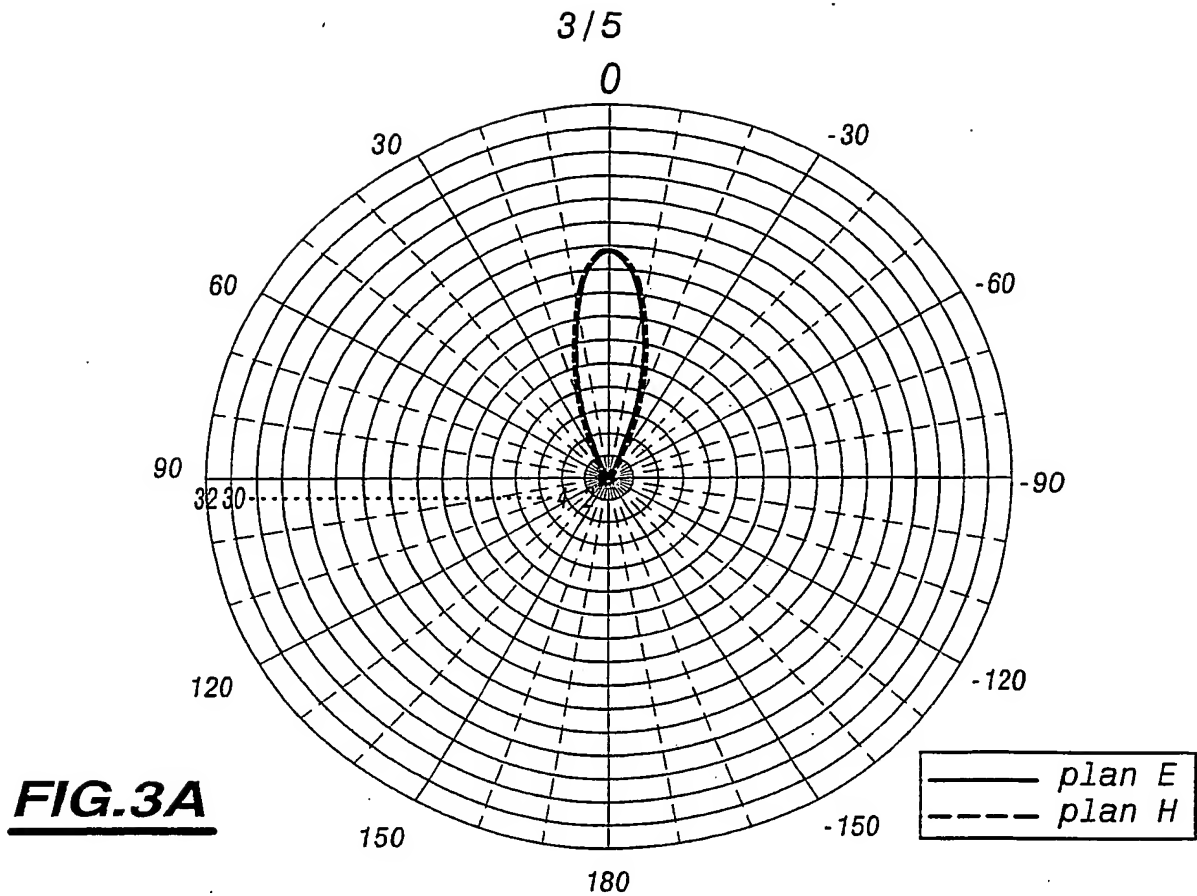


FIG. 1

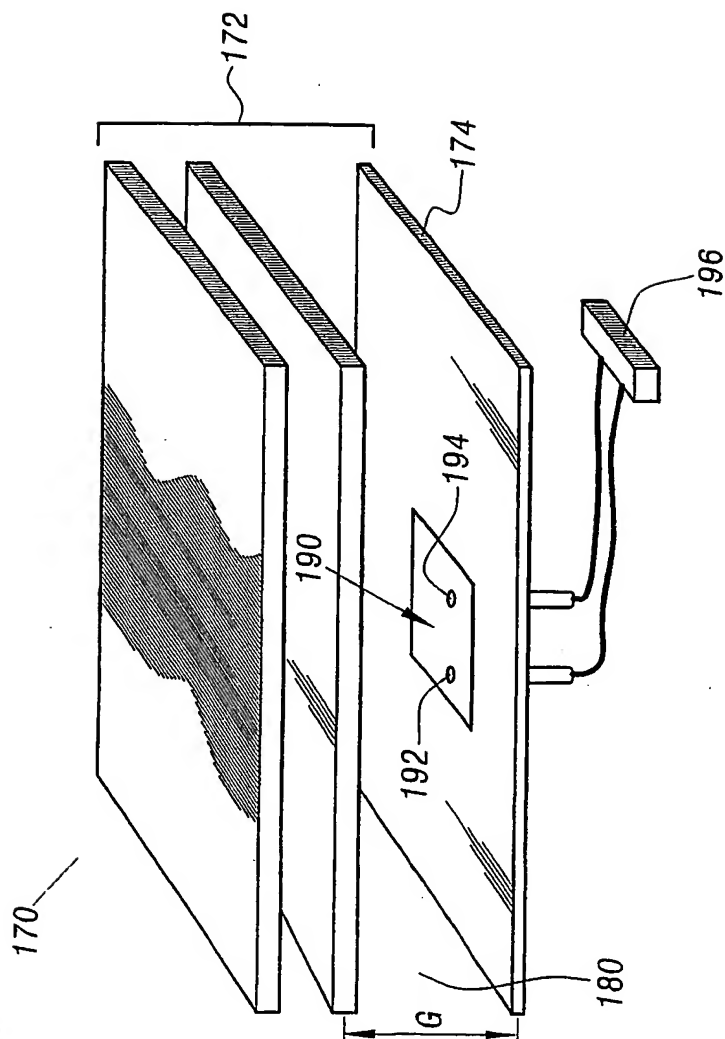
2/5

**FIG.2**

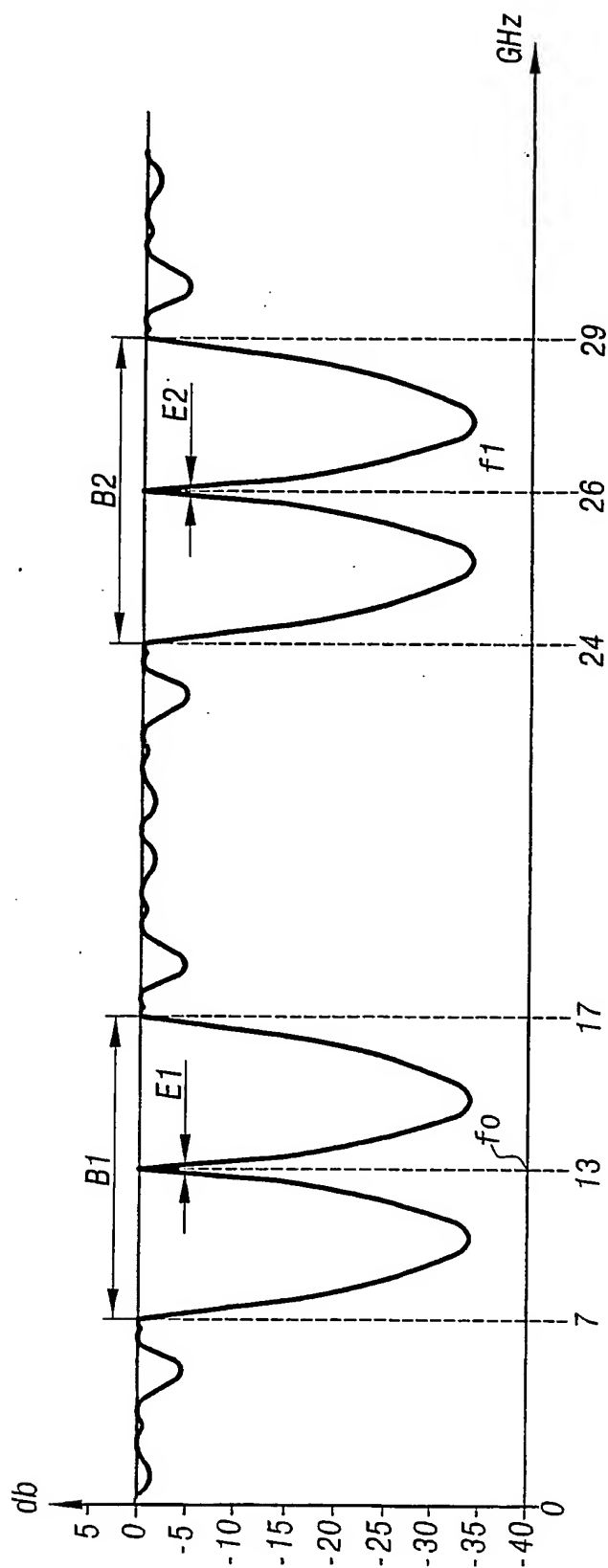


BEST AVAILABLE COPY

4/5

**FIG. 4**

5/5

FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/FR 03/03146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q5/00 H01Q15/00 H01Q19/17 H01Q25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 801 428 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 25 May 2001 (2001-05-25) cited in the application the whole document	1-12
Y	CHUNG K B ET AL: "Defect modes in a two-dimensional square-lattice photonic crystal" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 209, no. 4-6, 15 August 2002 (2002-08-15), pages 229-235, XP004375303 ISSN: 0030-4018 the whole document	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 February 2004

Date of mailing of the international search report

05/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moumen, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/FR 03/03146

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 236 161 A (OHM EDWARD A) 25 November 1980 (1980-11-25) the whole document	11
A	THEVENOT M ET AL: "DIRECTIVE PHOTONIC-BANDGAP ANTENNAS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 47, no. 11, November 1999 (1999-11), pages 2115-2121, XP000865109 ISSN: 0018-9480 figures 10,11	1
A	SHI B ET AL: "DEFECTIVE PHOTONIC CRYSTALS WITH GREATLY ENHANCED SECOND-HARMONIC GENERATION" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 26, no. 15, 1 August 2001 (2001-08-01), pages 1194-1196, XP001110592 ISSN: 0146-9592 the whole document	1
A	US 6 262 830 B1 (SCALORA MICHAEL) 17 July 2001 (2001-07-17) figure 2	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/FR 03/03146

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2801428	A	25-05-2001	FR 2801428 A1	25-05-2001
			AU 1868401 A	30-05-2001
			CA 2360432 A1	25-05-2001
			CA 2448636 A1	25-05-2001
			CN 1337078 T	20-02-2002
			EP 1145379 A1	17-10-2001
			WO 0137373 A1	25-05-2001
			JP 2003514476 T	15-04-2003
			US 6549172 B1	15-04-2003
US 4236161	A	25-11-1980	NONE	
US 6262830	B1	17-07-2001	CA 2304019 A1	01-04-1999
			EP 1015917 A2	05-07-2000
			WO 9915922 A2	01-04-1999
			US 2002021479 A1	21-02-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 03/03146

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 H01Q5/00 H01Q15/00 H01Q19/17 H01Q25/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 H01Q		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 801 428 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 25 mai 2001 (2001-05-25) cité dans la demande le document en entier	1-12
Y	CHUNG K B ET AL: "Defect modes in a two-dimensional square-lattice photonic crystal" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 209, no. 4-6, 15 août 2002 (2002-08-15), pages 229-235, XP004375303 ISSN: 0030-4018 le document en entier	1-12
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 25 février 2004		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/03/2004
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Moumen, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 03/03146

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 236 161 A (OHM EDWARD A) 25 novembre 1980 (1980-11-25) le document en entier -----	11
A	THEVENOT M ET AL: "DIRECTIVE PHOTONIC-BANDGAP ANTENNAS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 47, no. 11, novembre 1999 (1999-11), pages 2115-2121, XP000865109 ISSN: 0018-9480 figures 10,11 -----	1
A	SHI B ET AL: "DEFECTIVE PHOTONIC CRYSTALS WITH GREATLY ENHANCED SECOND-HARMONIC GENERATION" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 26, no. 15, 1 août 2001 (2001-08-01), pages 1194-1196, XP001110592 ISSN: 0146-9592 le document en entier -----	1
A	US 6 262 830 B1 (SCALORA MICHAEL) 17 juillet 2001 (2001-07-17) figure 2 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux numéros de familles de brevets

PCT/FR 03/03146

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2801428	A	25-05-2001	FR 2801428 A1	25-05-2001
			AU 1868401 A	30-05-2001
			CA 2360432 A1	25-05-2001
			CA 2448636 A1	25-05-2001
			CN 1337078 T	20-02-2002
			EP 1145379 A1	17-10-2001
			WO 0137373 A1	25-05-2001
			JP 2003514476 T	15-04-2003
			US 6549172 B1	15-04-2003
US 4236161	A	25-11-1980	AUCUN	
US 6262830	B1	17-07-2001	CA 2304019 A1	01-04-1999
			EP 1015917 A2	05-07-2000
			WO 9915922 A2	01-04-1999
			US 2002021479 A1	21-02-2002